基础研究与技术创新协同方向及特征研究*
——以新型电子元器件领域为例

■ 张玲玲 张宇娥 杜丽 凌世婷 林青 余梦霞
电子科技大学图书馆 成都 611731

摘 要：[目的/意义]从科学技术研究内容出发，探讨基础研究与技术创新两方的协同方向与协同特征，为领域基础研究与技术创新未来协同发展策略提供参考。[方法/过程]首先，调查领域研究发展体系，构建领域中间分类轴以联结基础研究与技术创新内容。其次，通过文献内容聚类挖掘基础研究方向与技术创新方向，以定量评价方法将基础研究方向与技术创新方向判定为热点方向、快速发展、缓慢发展3种发展状态。最后，基于发展状态，总结基础研究与技术创新的协同特征，并应用于新型电子元器件领域实证分析。[结果/结论]实现了内容挖掘及定量评价相结合研究方法下的新型电子元器件领域基础研究与技术创新协同方向分析，在更细粒度研究方向层面清晰地展示基础研究与技术创新之间可能的协同状态，并基于其协同特征为该领域协同方向发展给出了具体的指导意义。

关键词：基础研究 技术创新 科学技术协同 协同特征 协同发展
分类号：G254
DOI：10.13266/j.issn.0252－3116.2021.13.006

党的十九大报告全文指出，要瞄准世界科技前沿，强化基础研究，实现前瞻性基础研究、引领性原创成果重大突破。加强应用基础研究，拓展实施国家重大科技项目，突出关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新。基础研究与技术创新是科技发展、社会进步的两大重要力量来源，两者是有机融合、相互交织、相互促进的关联关系[1]，彼此的互动关系是创新的关键，共同决定了科技创新的质量、效益和走向[2]。很多学者研究表明基础研究与技术创新发展关系密切，比如科学原理的突破可能引发技术研发中关键问题解决；现代基础研究与技术研发更加互相依赖，技术发明为基础研究提供更先进的条件及更全面系统的研究视角[3]。

1 相关研究进展

国内外学者就基础研究与技术创新之间的关联研究主要表现在3个方面。首先，通过引文计量方法测度两者关联的研究最多。通常学者们以论文代表基础研究、专利代表技术创新[4-5]，统计论文引用专利、专利引用论文、论文专利互引用情况以探讨彼此之间的关联度。在论文引用专利方面，W. Glanzel等[6]分析了论文引用专利情况，发现与化学相关的子领域往往引用专利多于其他科学领域，技术关联度相对更高；M. Meyer等[7]探究纳米科学领域论文引用专利情况，发现参考文献中有专利的学术论文更容易被其他论文引用；吴菲菲等[8]基于论文引用专利、专利引用论文统计与网络分析，识别出网络中心位置的科学和技术领域。在专利引用论文方面，S. Lo等[9]研究了基因工程领域专利的非专利引文，发现来自基础研究的重要知识资源对技术发展有重要影响；白光祖等[10]通过研究领域核心专利的学术论文引用情况，发现支撑核心专利技术的基础研究知识集合；H. Y. Yeh等[11]尝试设定文献耦合阈值过滤不相关的专利引文，构建专利引文网络，探讨电动汽车技术领域科学论文引用的意义。论文专利互引用方面，通过同时关注两者的互引，更全面系统地探讨基础研究知识与发明创造技术之间的关

* 本文系四川省省级知识产权专项资金项目“四川省国家双一流建设学科知识产权信息分析”（项目编号：2019-ZS-00144）研究成果之一。
作者简介：张玲玲（ORCID：0000－0002－9965－317X），馆员，硕士，E-mail：zhangll@uestc.edu.cn；张宇娥（ORCID：0000－0002－6120－8281），副研究馆员，硕士；杜丽（ORCID：0000－0002－0401－1028），教授，博士；凌世婷（0000－0001－9716－8712），馆员，博士；林青（ORCID：0000－0002－2295－760X），馆员，硕士；余梦霞（ORCID：0000－0002－9738－0868），助理馆员，硕士。
收稿日期：2020－11－02 修回日期：2021－03－28 本文起止页码：55－65 本文责任编辑：徐健

联与流动。比如,M. H. Huang 等[12] 分析燃料电池领域论文与专利的交叉引用,发现基础研究与技术研发之间的趋同;张雪等[13] 从论文及专利的交叉引用分析探讨合成生物学领域基础研究与技术创新的关联;高继平等[14] 通过论文专利共被引分析发现科学与技术相互作用对后来科学技术进步的影响。

另外,部分学者通过"发明者—学术研究者"双重身份探讨基础研究与技术创新关联,比如,G. B. Wang 等[15] 发现学术型发明人较纯发明人具有更高的绩效水平,侧面说明基础研究与技术研发知识紧密结合情况下科技创新效率更高。部分学者通过学术机构与技术开发机构的关联与合作而开展的基础研究与技术创新关系,比如,S. Bhattacharya 等[16] 挖掘基础科研机构和技术创新机构在地理空间上的关联规则及二者的合作情况,发现基础研究在跨国公司技术创新活动中举足轻重。部分学者通过主题或类目映射分析探索基础研究与技术创新之间关联,比如赖院根[17] 通过探讨专利 IPC 分类体系与学术论文中图分类体系之间的映射关系,研究知识在基础科学研究与技术创新之间的关联情况。

总体来看,目前基础研究与技术创新关联研究宏观定量统计分析较多,基于内容协同方向的研究较少。现有研究中,李睿等[18] 认为,目前科学技术关联类目映射粒度过粗,并不能清晰地展示基础研究与技术创新之间关联图景。董坤等[2] 指出应更注重从文本内容层面揭示基础研究与技术的微观关联,并密切结合实践提升研究的应用价值。本次研究从知识内容出发,基于更细粒度的研究方向进行映射联结,探索基础研究方向与技术创新方向协同特征及意义,为领域科技实践与未来创新发展提供实际参考价值。与 H. Y. Xu 等[19] 利用共词链接、合著者链接和共引链接融合的多关系定量研究方法探索科学主题与技术主题之间的关联程度相比,本次研究视角是从联结基础研究发现与技术创新方向的中间分类轴出发,研究内容重在量化同一时间段内中间轴两侧基础研究、技术创新的动态发展状态,定量描述基础研究与技术创新的协同模式与特征。

2 研究思路与方法

2.1 理论基础

DNA 双螺旋结构的发现是人类在寻求真理过程中一个重要的里程碑,基于生物学领域双螺旋理论的协同创新是国内外公认的有效的一种协作形态和结构[20]。后来,该理论在科学技术协同创新发展中应用广泛,用以解释科学与技术在创新发展过程中所形成的关联协同模式。耦合现象描述了两种或两种以上的信息资源所形成的一种交接或关联关系,这种关系以共同的特征交集反映知识元素之间的协同状态。S. Yayavaram 等[21] 指出在动态技术环境中可以利用知识元素之间的耦合反映知识元素之间的协同发展。

基于科学技术的双螺旋理论、知识耦合理论,笔者认为基础研究与技术创新协同发展是知识要素聚集、互动、和整合的过程,知识要素在两者之间互相转移、共享、重组、利用,使得两者通过协调、协作形成互动效应,促进知识创新螺旋式增值[22]。进一步而言,本次研究关注的基础研究与技术创新的协同模式便是指在基础研究进步、技术创新发展互相拉动或推动过程中,呈现出的双向驱动的协调关联方式,进而表现出的双方可能存在的共进、带动、互补、制约等协同状态。基础研究与技术创新的协同特征是指双方的协作关联而耦合形成的多种整体效应,通过特征阐述,为未来基础研究与技术创新双边协调力量、协作方向、协同秩序提供指导。

2.2 研究框架

在众多科技成果中,科学论文是学术研究最丰富的成果,主要解决是什么、为什么的问题,是人类科学基础知识的重要载体;专利是蕴含技术研发信息最丰富的成果,主要解决怎么做、如何做的问题,是人类大量技术创新的重要载体。本次研究以论文代表科学知识的基础研究,以专利代表技术活动的技术创新,探讨基础研究与技术创新之间的协同情况。本次研究中基础研究、技术创新成果范围有一定局限性,仅从科研成果类型上初步划分,未做更精准界定。

本次研究以基础研究与技术创新之间的内在知识联系为桥梁,通过对同一领域的不同知识产权成果(包括论文和专利)构建基于中观视角的中间分类体系,分别对论文代表的基础研究方向、专利代表的技术创新方向进行文献聚类与评价,在进一步基于聚类方向及其发展状态进行联结映射,对所形成的协同方向及方向协同特征进行解析,并阐述其对领域未来发展带来的指导意义。研究框架见图 1。

2.3 研究方法

2.3.1 中间分类轴研究

基于所选研究领域,调查领域基础研究与技术创新的相关国家发展政策与规划、行业组织机构关于领域的研究体系及分类标准,归纳出该领域一级分类体

张玲玲，张宇娥，杜丽，等.基础研究与技术创新协同方向及特征研究——以新型电子元器件领域为例[J].图书情报工作,2021,65(13):55－65.

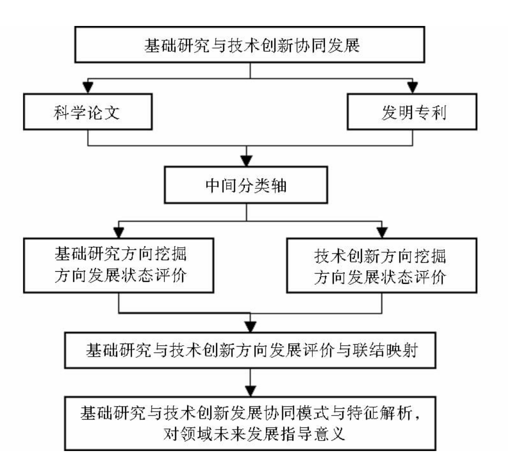


图1 基础研究与技术创新协同方向及协同特征研究框架

系；进一步调查研究领域一级分类体系下基础研究与技术创新两方面发展情况，与领域专家学者共同开展二级分类体系讨论。中间分类轴即是指根据研究领域所需，基于综合性调查研究，与领域专家学者共同研讨出的领域分类体系，以较细粒度分类层级联结基础研究（科学论文）与技术创新（专利文献）两边科研成果。中间分类轴既全面考察了领域发展方向，又综合了专家学者的专业意见，同时根据较细粒度分类层级制定检索主题，以同一主题联结科学论文与专利文献，能够比较客观、准确地衔接领域的基础研究与技术创新双边活动。

2.3.2 基础研究方向挖掘与评价

文献耦合聚类、共被引聚类、直接引用聚类都能开展研究方向分析，据相关文献[23]表明通过文献耦合分析得到的研究主题内部文献相似度最高，形成研究簇类的效果最好，故本文通过文献引用耦合关系进行文本聚类，得到最优聚类文献簇，对文献簇进行主题内容概括以代表基础研究方向。参考相关研究方向评价研究[24-26]，制定基础研究方向的评价指标体系，主要从研究方向的新颖度、增长度及关注度3个方面对其进行评价，评价指标体系如表1所示：

表1 基础研究方向评价指标体系

目标	维度	指标
研究方向	新颖度	论文平均出版年
	增长度	论文年度平滑增长率
	关注度	近三年论文量
		引用影响力
		关注作者数量

首先，研究方向新颖度由指标（X）表示，通常近期发表文献较多的研究方向新颖度较高，因此用文献的平均出版年测度研究方向的新颖度，如公式（1）所示：

$$X = \Sigma(y * \frac{n_y}{N}) \qquad 公式(1)$$

y表示年份，N为研究方向的发文总量，n_y是研究方向在年份y的发文量。

其次，研究方向增长度由指标（Z）表示，通过论文增长率测度。在观察时间窗Δt下，研究方向的增长度如公式（2）所示：

$$Z_{i,\Delta t} = \frac{\sum \frac{P_{i,t+1} - P_{i,t}}{P_{i,t}}}{N_t} * 100\% \qquad 公式(2)$$

$P_{i,t}$表示研究方向i在年份t的发文量，$P_{i,t+1}$表示研究方向i在年份t+1的发文量，N_t表示年份间隔，并对$P_{i,t}$进行平滑降低时间因素的影响。

再次，研究方向关注度由指标（G）表示，综合考虑了研究方向近三年的平均论文量（P）、研究方向年度论文被引频次（C）、研究方向有发文的作者数量（A），如公式（3）所示：

$$G = W_1 P + W_2 C + W_3 A \qquad 公式(3)$$

根据熵权法确定关注度二级指标权重，信息熵及指标权重计算如公式（4）和公式（5）所示：

$$E_j = -\ln(n)^{-1} \Sigma_{i=1}^{n} P_{ij} lnP_{ij} \qquad 公式(4)$$

$$W_i = (1 - E_i)/(K - \Sigma_i E_i) \qquad 公式(5)$$

公式（4）中，$P_{ij} = Y_{ij}/\Sigma_i^n Y_{ij}$，如果$P_{ij}=0$，则定义$\lim_{P_{ij}\to 0} P_{ij} lnP_{ij} = 0$，根据信息熵计算公式，计算出各指标的信息熵$E_1$、$E_2$……$E_K$；公式（5）中，i=（1,2,3）。

2.3.3 技术创新方向挖掘与评价

基于调查研究出的中间分类轴，进一步对发明专利数据进行专利地图聚类分析，并对聚类的专利文献进行主题内容概括以代表技术创新方向。参考相关技术方向评价研究[27-28]，从技术方向的新颖度、增长度及关注度3个方面对技术创新方向进行评价，具体评价指标体系如表2所示：

表2 技术创新热点方向遴选指标体系

目标	维度	指标
技术热度	新颖度	专利平均申请时间
		专利剩余保护年限
	增长度	专利平均增长率
	关注度	申请人增长率

首先，技术方向新颖度由（C）表示，具体由技术方向的专利平均申请时间（T）及专利平均剩余保护年限（S）共同决定。技术方向平均申请时间较近，专利平均剩余保护年限较长，表示该方向技术新颖度较高。

计算公式如下：

$$T = \sum_i Y_i * N_i / \sum_i N_i \qquad 公式(6)$$

$$S = (20 * 365 - D)/365 \qquad 公式(7)$$

$$C = W_1 T + W_2 S \qquad 公式(8)$$

公式(6)中，N_i 代表第 i 年的专利申请量，Y_i 代表第 i 年的申请年份，i＝2010，2011，……2019。公式(7)中，D 代表截止到 2020 年 3 月 31 日，已经过去的保护天数。公式(8)中，W_1 和 W_2 是通过熵权法公式(4)和公式(5)确定的指标权重。

其次，技术方向增长度由专利平均增长率(V)表示，平均增长率越高，该方向技术增长度越高，如计算公式(9)所示：

$$V = \sum_i (M_i - M_{i-1})/M_{i-1}/5 \qquad 公式(9)$$

公式(9)中，M_i 代表第 i 年的专利申请量，受专利审查与公开时间影响，故此处 i＝2013，2014，2015，2016，2017。

然后，技术方向关注度由该方向申请人增长率(A)表示，该方向申请人快速增加，表示该方向关注度不断上升，如计算公式(10)所示：

$$A = (\sum_i P_i - \sum_j P_j)/\sum_j P_j \qquad 公式(10)$$

公式(10)中，P_i 代表第 i 年的申请人数量，P_j 代表第 j 年的申请人数量，因短时间内申请人的进入退出波动明显，且申请人产出专利也存在时间积累，故此处 i＝2014，2015，2016，2017；j＝2010，2011，2012，2013。

2.3.4 基础研究与技术创新协同特征

领域主题研究中，普遍研究侧重于研究前沿或新兴主题挖掘，仅关注领域发展最快部分，忽略了领域绝大部分内容。本次研究通观领域全局，利用新颖度、增长度、关注度 3 个指标的四分位数(Quartile)分别对中间分类轴联结的基础研究方向与技术创新方向的发展状态进行评价，将基础研究方向、技术创新方向判定为热点方向、快速发展、缓慢发展 3 种发展状态。第一四分位数 (Q1)，等于该样本中所有数值由小到大排列后第 25% 的数字；第二四分位数 (Q2)，等于该样本中所有数值由小到大排列后第 50% 的数字；第三四分位数(Q3)，等于该样本中所有数值由小到大排列后第 75% 的数字。目前，在研究主题评价中，无论单一指标评价[29－30]、多指标评价方法[31－32]，总体思路均认为落入设定的 TOP 阈值范围的内容则为研究前沿或新兴主题。参照已有研究思路，并考虑四分位数能较好评估数据集的展开和集中趋势，且三个指标的四分位数不会受指标绝对值的影响，设定如下判定条件，如表 3 所示：

表 3 领域基础研究方向与技术创新方向发展状态判定条件

发展状态	判定条件
热点方向	至少 2 个指标值≥Q3
快速发展	任意一个指标≥Q3 且 Q2≤任意一个指标＜Q3； Q2≤至少两个指标＜Q3； Q1≤任意两个指标＜Q2 且 另一个指标≥Q2；
缓慢发展	三个指标＜Q2

参考董坤等[2]对科学技术互动模式总结描述，本次研究中基础研究与技术创新两方发展状态形成了 9 种协同模式，表现为 5 种协同特征(见表 4)。特征①表示某方向的基础研究与技术创新均为热点研究方向，表现为科学技术热点方向处于蓬勃发展的协同状态；特征②表示某方向的基础研究受到极大关注与发展，而技术创新相对较缓，表现为科学潜在带动技术发展的协同状态；特征③表示某方向的技术创新研究受到极大关注与发展，而基础研究相对较缓，表现为技术潜在带动科学发展的协同状态；特征④表示某方向的基础研究与技术创新均暂未呈现出热的状态，科学与技术两边至少有一方是处于快速上升状态，表现为科学与技术相互协同上升的发展状态；特征⑤表示某方向的基础研究与技术创新均发展缓慢，表现为科学与技术双双受阻的协同状态。不同的协同特征对领域未来发展具有不同的指导意义。

3 领域实证分析

本次研究以电子信息产业的新型电子元器件领域为研究对象。新型电子元器件领域属于知识技术密集型行业，研发投入大，技术风险高。电子元器件行业位于产业链的中游，介于电子整机行业和电子原材料行业之间，其发展的快慢，所达到的技术水平和生产规模，不仅直接影响着整个电子信息产业的发展，而且对发展信息技术，改造传统产业，提高现代化装备水平，促进科技进步都具有重要意义。

3.1 数据来源

本次研究分别采集新型电子元器件领域的科学论文数据及专利数据，以科学论文数据情况反映基础研究，以专利数据反映技术创新情况。首先，通过综合调查研究与领域专家研讨，获得新型电子元器件领域的中间分类轴，即包括基础无源元件、频率选择与控制元器件、功率半导体器件、敏感元器件与传感器、平板显示器件、新型储能器件、新型材料与器件、综合性技术研究等 8 个最细类别。其次，基于中间分类轴检索获

张玲玲,张宇娥,杜丽,等.基础研究与技术创新协同方向及特征研究——以新型电子元器件领域为例[J].图书情报工作,2021,65(13):55-65.

表 4　领域基础研究方向与技术创新方向联结模式与特征

协同模式	协同特征	指导意义
基础研究热点方向 - 技术创新热点方向	特征①科学技术协同蓬勃发展	应重视基础研究与技术创新的热点方向对接转化,及早进行知识产权协同布局与成果保护,及早进行产业市场规划
基础研究热点方向 - 技术创新快速发展	特征②科学潜在带动技术发展	加快领域技术创新研究,重视基础科学研究成果在技术创新中的指导与应用
基础研究热点方向 - 技术创新缓慢发展		
技术创新热点方向 - 基础研究快速发展	特征③技术潜在带动科学发展	加快领域基础科学研究,重视技术创新关键问题探索对基础科学研究新视角的启示
技术创新热点方向 - 基础研究缓慢发展		
基础研究快速发展 - 技术创新快速发展	特征④科学技术同步协同上升	重视基础科学研究与技术创新的并行式发展及协同影响,关注可能出现的科学技术研究热点
基础研究快速发展 - 技术创新缓慢发展		
技术创新快速发展 - 基础研究缓慢发展		
基础研究缓慢发展 - 技术创新缓慢发展	特征⑤科学技术同步发展缓慢	关注并积极探索重大基础科学研究新动向、重大技术创新新动向,寻求突破,提前规划与布局新一轮科学技术变革

取论文数据与专利数据,论文数据来自 SCI 数据库,采集 2010－2019 年电子元器件领域论文 132 016 篇;专利数据来自合享集团 Incopat 数据库,采集十年专利申请 513 235 件。论文检索主要采用关键词、WOS 类别结合,专利检索主要采用关键词、IPC 分类号结合方式,因检索式较长,此处给出部分检索式截图(见图 2)。为保证数据的准确与全面,检索过程中按 8 个分支分别进行重要申请人及国内外专利数据检索结果进行检全和检准评估,避免领域数据加和后造成各部分数据间相互影响,验证过程与检索过程交替进行。

论文检索式	中间分类轴	专利检索式
(TI=(Crossover or Oscillator or filter or Resonator or modulator or demodulator or modem or Discriminator or Mixer or Multiplier or "Phase-locked loop" or PLL) not TS=(display or sensor or biochar or biology or "power grid" or antenna or MIMO or probe or detector or imag* or air or eco-friendly or water or bacteria)) or (TI=(amplifer or converter or receiver or shifter or "phase shifter" or emitter or transmitter or repeater or Coupler or Splitter) or (TI=(antenna or MIMO or waveguide or "Multiple input Multiple output") AND TS=(wave or frequency or spectrum or radio or Electromagnetic or	频率选择与控制元器件	((TI=((振荡 or 分频 or 滤波 or 调频 or 谐振 or 倍频 or 混频 or 鉴频) (3w) (器 or 装置 or 设备 or 电路 or 模块 or 结构)) or ti=(频率 (3w) (振荡 or 分离 or 滤除 or 过滤 or 调整 or 调制 or 解调 or 调节 or 协调 or 谐调 or 倍增 or 鉴别 or 识别 or 甄别 or 分别 or 产生 OR 转换 OR 控制 OR 改变 OR 变换 OR 测量) (3w) (器 or 装置 or 设备 or 电路 or 系统 or 模块 or 结构)) or TI=((锁相环) or (锁相 (3w) (装置 or 设备 or 系统 or 电路 or 模块 or 结构))) or ti=(频率 (3w) (合成 or 综合 or 组合 or 混合 or 锁定) (3w) (装置 or 设备 or 系统 or 电路 or 模块 or 结构))) and ipc-section=(H OR G)) and pt=(1 or 4)
TI=(VDMOS or LDMOS or thyristor or power device or MOS$FET or BJ$FET or MOS or J$FET or scr or "Silicon Controlled Rectifier" or Transistor or power diode or power triode or FET or "Field Effect Transistor" or BJT or "Bipolar Junction Transistor") and TS=((power or voltage or current or grid)	功率半导体器件	(TI=(((功率 (8w) 二极管) or 晶闸管 or 晶体闸流管 or 可控硅 or IGCT or (绝缘栅 (3w) (双极 or 极) (3w) 晶体管) OR IGBT OR IEGT or (功率 (8w) (晶体管 or NPN or PNP)) or (功率 (8w) (双极 or 极) (3w) 晶体管) or ((垂直 or 纵向 or 横向) (3w) 双扩散 (9w) (场效 or MOS) (3w) 晶体管) or VDMOS or LDMOS or (功率 (8w) (场效 or 单极) (3w) (管 or 晶体管 or 电晶体)) or (功率 (8w) (MOS or MOSFET or IGFET))) not (低功率 or 小功率)) or TI=(((功率 (5w) 器件) or (功率 (3w) (模块 or 半导体元件 or 半导体装置 or 芯片 or 开关)) or 半导体功率元件) NOT (安装 or 光开关 or 继电器 or 光导开关 or 机械开关 or 功率转换器 or 功率变换器 or 低功率 or 小功率))) and ipc-section=(H OR G) and pt=(1
((ti=((Strain near/1 sens*) or (force near/1 sens*) or (pressure near/1 sen*) (gas near/1 sens*) or (pressure near/1 sens*) or (optical near/1 sens*) or (Temperature near/1 sens*) or (voltage near/1 sens*) or (Luminescent near/1 sens*) or (humidity near/1 sens*) or (thermal near/1 sens*) or (infrared near/1 sens*) or (Magneti* near/1 sens*))) or (ti=("Sensor networks" or (Optocoupler* or "optical coupler*") or "Hall sensor*" or (Pyroelectric near/2 sensor*) or (Thermistor* or "thermal resistor*" or "Thermal resistance") or photoresistor or photoresistance or "Photoconductive Detector" or varistor*)))not ti=((Chemical near/1 Sensor*) or Biosensors or "Biomedical Sensor*" or non-photosensitive or Molecular or (Electrochemical near/1 sen*) or (fluorescence near/1 sen*) or (Acoustic near/1 sen*)) or (ti= ("Sensor networks" or (Optocoupler* or "optical coupler*") or "Hall sensor*" or (Pyroelectric near/2 sensor*) or (Thermistor* or "thermal resistor*" or	敏感元器件与传感器	(((TI=((热 or 热敏 or 敏感)(3w)(电偶 or 二极管 or 电阻) or ((温度 or 热) (6w) (传感 or 敏感))) not (阅读 or 校准 or 封装 or 监控 or 固定 or 支架 or 安装 or 盒 or 罩)) AND (IPCM-Class=(G01 OR H01)) or TI=(热敏 (3w) (元件 or 器件 or 传感器)) and ipcm-section=(H or G)) or (((TI=((光敏 (3w) (电阻 or 二极管 or 三极管 or 电池 or 传感器 or 元件 or 器件)) or 光电池 or 热释电 or 光电管 or 光电倍增管 or ti=((红外线 or 紫外线 or 光电 or 色敏 or 图像) (3w) 传感器))) not ti=(仿真 or 系统 or 支架 or 监测 or 壳体 or 外壳 or 手持)) and ipcm-section=(H or G)) or ((ti=(((气敏 or 气体) (3w) (电阻 or 元件 or 器件 or 传感器)) or ((煤气 or 一氧化碳 or 瓦斯 or 酒精 or 尾气 or 氢气 or 甲烷 or CH4 OR 氨气 or 二氧化氮 or 一氧化氮 or NO or 气体) and (敏感 or 传感))) not ti=(泄露 or ((材料 or 薄膜) (3w) 制备) or 温度传感器 or 外壳 or 壳体 or 温度敏感 or 装夹固定 or 控制阀 or 暖气 or 流量检测 or 安装装置 or 原料桶 or 套件 or 模具 or 容器 or 监测 or 系统平台 or 气体传感材料 or 耦合传感器 or 电弧传感器 or 驱动系统 or 压力传感器 or 启动器 or 力传感)) and ipcm-section=(h or g or c or b)) or ((ti=((湿敏 (3w) (电阻 or 元件 or 器件 or 传感器)) or 湿度传感器 or 半导体湿度计 or 电阻湿度计 or 湿度敏感) not (封装 or 固定 or 标定 or 校准 or 取样 or 模拟 or 仿真 or 检查 or 供电))and ipcm-section=(h or g or c)) or (((ti=((应变 or 力 or 应力 or 压力)(3w)(传感 or 计 or 片 or 敏感 or 感应)) or ti=((力敏 or 压敏 or 应力 or 压力) (3w) (电阻 or 元件 or 器件 or 传感器))) not (电器设备 or 系统 or 评价方法 or 磁力 or 电子设备 or 计算方法 or 界面 or 模型 or 模拟 or 预测 or 仪器 or 储量 or 反演 or 电力 or 求解 or 优化方法 or 配比方法 or 计算方法 or 测试仪 or 反馈 or 保护 or 校准 or 误差 or 修正 or 基于 or 不敏感 or 位移传感器 or 压

图 2　新型电子元器件领域部分分类检索式截图

3.2　分析结果

3.2.1　基础研究方向与技术创新方向发展情况

基于论文数据挖掘新型电子元器件领域基础研究方向,因论文数据非常庞大,通过 Python 程序编写代码,基于文献引用耦合关系对 132 016 篇论文进行聚类分析。通过调整聚类系数,最后筛选论文量达到 100 篇以上的 256 个文献簇(约占论文总量 80%)进行主题归纳,以 256 个文献簇研究主题代表新型电子元器件领域的基础研究方向,进一步评价 256 个基础研究方向的发展情况,计算其新颖度、增长度、关注度 3 个指标,因篇幅有限,以表 5 展示其中 20 个研究方向情况。

表 5 电子元器件领域基础研究主题方向指标表现

序号	基础研究方向	新颖度	平均增长度/%	关注度/%
1	MoS2 场效应晶体管	2016.79	65.11	13.92
2	二维材料晶体管	2016.43	86.72	6.96
3	滤波型功分器	2016.00	21.24	16.96
4	钙钛矿光电探测器	2017.95	166.37	21.62
5	应变传感器	2017.44	97.43	50.26
6	关于无线传感器网络的数据、协议与算法	2016.40	27.39	9.45
7	温度传感器的光敏研究	2015.91	17.22	33.09
8	大规模 MIMO/大规模天线阵列	2017.31	201.07	50.86
9	滤波天线	2017.15	41.75	16.72
10	天线系统中全双工技术	2017.07	61.92	8.08
11	反射天线	2016.04	26.20	21.81
12	热激活延迟荧光有机发光二极管	2016.79	66.11	29.26
13	二维材料器件	2017.46	175.30	22.31
14	黑磷器件	2017.11	96.81	19.87
15	石墨烯器件	2016.60	79.94	11.89
16	非富勒烯太阳能电池	2018.81	415.38	31.82
17	非对称型超级电容器	2017.85	308.53	43.15
18	MoS2 锂离子电池	2016.63	139.59	13.35
19	氧化铟镓锌薄膜晶体管	2015.53	42.24	12.68
20	氧化锌薄膜晶体管	2012.88	-17.08	1.79
21	……	……	……	……

基于专利数据挖掘新型电子元器件领域技术创新方向，首先基于中间分类轴对各分类体系专利数据进行专利地图聚类分析，共总结出 39 个主要技术创新类别，代表 39 个技术创新方向，此处展示 20 个技术创新方向的新颖度、增长度、关注度，如表 6 所示：

表 6 电子元器件领域技术创新方向指标表现

序号	技术创新方向	新颖度/%	增长度/%	关注度/%
1	量子点显示	100.00	57.15	115.00
2	柔性显示	85.43	20.63	0.84
3	LED 显示	84.40	19.08	19.09
4	超级电容器	76.97	10.13	8.83
5	湿敏	76.31	19.17	-1.99
6	倍频器	73.26	13.82	2.76
7	力敏	72.73	9.29	4.50
8	功率双极型晶体管	71.85	17.14	8.09
9	气敏	70.64	8.88	4.35
10	电阻	69.85	7.43	-6.10
11	有机发光显示	69.72	13.31	-32.16
12	晶闸管	69.43	4.94	3.61
13	天线	68.68	6.14	-21.69
14	锂离子电池	68.54	11.39	-17.36
15	激光显示	67.83	6.40	-15.00
16	热敏	67.75	6.25	-1.32
17	光敏	67.37	3.76	-21.86
18	锁相环	64.84	1.30	-3.84
19	磁敏	64.52	4.85	-20.55
20	液晶显示	50.35	-6.43	-59.95
21	……	……	……	……

3.2.2 基础研究方向与技术创新方向联结协同

计算该领域 256 个基础研究方向及 39 个技术创新方向的新颖度、增长度、关注度指标的四分位数值情况（见表 7）。根据四分位数值确定基础研究方向与技术创新方向发展状态判定条件，将基础研究方向与技术创新方向分别划分为热点研究方向、快速发展方向及缓慢发展方向 3 种状态。新型电子元器件领域基础研究有热点研究方向 55 个，快速发展方向 114 个，缓慢发展方向 87 个；技术创新方向有热点方向 10 个，快速发展方向 13 个，缓慢发展方向 14 个。邀请领域专家验证 256 个基础研究与 39 个技术创新方向的发展状态，研究结果获得领域专家认可。基于中间分类轴将领域基础研究与技术创新进行联结映射，因篇幅有限，表 8 仅给出部分联结映射情况。

表 7 基础研究主题方向与技术创新方向四分位数值

四分位数	指标					
	基础研究方向			技术创新方向		
	新颖度	增长度/%	关注度/%	新颖度/%	增长度/%	关注度/%
Q1	2014.5	2.25	6.50	60.32	0.85	-31.50
Q2	2015.1	9.96	12.68	66.80	4.85	-20.24
Q3	2015.7	21.17	21.03	71.85	10.13	1.32

张玲玲，张宇娥，杜丽，等. 基础研究与技术创新协同方向及特征研究——以新型电子元器件领域为例[J]. 图书情报工作,2021,65(13):55－65.

表 8　新型电子元器件领域基础研究方向与技术创新方向联结映射(部分)

发展状态	基础研究方向	中间分类轴	技术创新方向	发展状态
热点研究	MoS2 场效应晶体管	功率半导体器件	功率双极型晶体管	热点研究
热点研究	二维材料晶体管		晶闸管	快速发展
热点研究	滤波型功分器		功率放大器	缓慢发展
快速发展	GaN 基功率晶体管		功率转换器	缓慢发展
快速发展	氧化铟镓锌薄膜晶体管		场效应晶体管	缓慢发展
快速发展	无结场效应晶体管		功率二极管	缓慢发展
快速发展	氧化锡薄膜晶体管			
缓慢发展	异质结双极型晶体管			
缓慢发展	氧化锌薄膜晶体管			
……	……			
热点研究	钠离子电容器/锂离子电容器	基础无源元件	变压器	热点研究
热点研究	记忆电阻器		电感	热点研究
快速发展	DC－DC 转换器/开关电容		电阻	快速发展
缓慢发展	接触电阻		电容	缓慢发展
缓慢发展	压敏电阻器			
……	……			
热点研究	钙钛矿光电探测器	敏感元器件与传感器	力敏	热点研究
热点研究	应变传感器		湿敏	热点研究
热点研究	关于无线传感器网络的数据、协议与算法		气敏	快速发展
热点研究	氧化石墨烯传感器		热敏	快速发展
热点研究	温度传感器的光敏研究		光敏	快速发展
快速发展	氢传感器		磁敏	快速发展
快速发展	气体传感器			
缓慢发展	氧传感器			
……	……			
热点研究	大规模 MIMO/大规模天线阵列	频率选择与控制元器件	倍频器	热点研究
热点研究	滤波天线		锁相环	快速发展
热点研究	天线系统中全双工技术		谐振器	快速发展
热点研究	视觉跟踪滤波器		分频器	快速发展
热点研究	反射天线		天线	快速发展
快速发展	光学参量振荡器/激光器		调频器	快速发展
快速发展	去区块滤波器		滤波器	缓慢发展
快速发展	基于 3d 打印的天线		振荡器	缓慢发展
快速发展	可穿戴天线		混频器	缓慢发展
快速发展	卡尔曼滤波器		鉴频器	缓慢发展
缓慢发展	超宽带天线			
缓慢发展	光纤参量振荡器			
……	……			
热点研究	热激活延迟荧光有机发光二极管	平板显示器件	量子点显示	热点研究
缓慢发展	有机发光二极管的主体材料		发光二极管	热点研究
缓慢发展	有源矩阵有机发光二极管		柔性显示	热点研究
缓慢发展	液晶显示		有机发光显示	快速发展
……	……		激光显示	快速发展
			液晶显示	缓慢发展
			场发射显示器	缓慢发展
			等离子体显示	缓慢发展

（续表 8）

发展状态	基础研究方向	中间分类轴	技术创新方向	发展状态
热点研究	非富勒烯太阳能电池	新型储能器件	超级电容器	热点研究
热点研究	非对称型超级电容器		锂离子电池	快速发展
热点研究	柔性超级电容器		太阳能电池	缓慢发展
热点研究	MoS2 锂离子电池			
快速发展	锰氧化物超级电容器			
缓慢发展	超级电容器碳气凝胶			
缓慢发展	杂化太阳能电池			
……	……			
热点研究	第一性原理与密度泛函理论	新型材料与器件	对应各类元器件	
热点研究	二维材料器件			
热点研究	黑磷器件			
热点研究	石墨烯器件			
快速发展	碳化硅 MOS 器件			
缓慢发展	金刚石器件			
缓慢发展	超材料			
……	……			
快速发展	太赫兹领域	新研究领域	对应各类元器件	
……	……			

3.3 结果讨论

基于中间分类轴绘制完领域基础研究方向与技术创新方向联结协同情况，功率半导体器件领域、基础无源元件领域、频率选择与控制元器件领域、新型储能器件领域、平板显示器件领域、新型材料与器件领域的基础研究与技术创新两方面均包括热点研究方向、快速发展方向及缓慢发展方向，均有 5 种协同特征。敏感元器件与传感器领域因技术创新方面没有缓慢发展方向，故该领域存在 4 种协同特征，包括特征①、特征②、特征③、特征④。综合研究领域基础研究方面仅包含快速发展方向（目前主要是太赫兹领域研究），故该领域存在 2 种协同特征，包括特征③、特征④。因篇幅有限，阐述 5 种协同特征下部分方向的发展情况与建议。

协同特征①体现了该领域蓬勃的科学与技术创新发展方向，能清晰地了解领域在科学与技术两边的发展热点。基于该联结特征，一方面既要重视基础科学知识热点方向的加速探索，争取尽快取得重要科学进步，也要同时重视技术方向的发明创造，争取尽快取得重大技术创新；另一方面，要重视基础研究与技术创新研究的热点对接转换，确保及时对科学与技术热点研究进行全面的知识产权布局与保护，及时地占领产业领域的知识产权竞争优势。比如，针对功率半导体器件领域的晶体管基础研究热点与技术创新热点而言，应注重协同发展晶体管的热点基础研究与热点技术创新，及时做好两边热点研究的知识产权布局，一方面应加快“MoS2 场效应晶体管”及“二维材料晶体管”的基础研究，并重视两个基础研究方向的发明创造，注意提早在技术方面进行专利申请与保护；一方面加快“功率双极型晶体管”技术的创新发展，尤其是目前产业市场领域发展较热的绝缘栅双极型晶体管技术，重视技术创新过程中的基础原理问题探索对晶体管基础研究的促进。

协同特征②体现了领域基础研究发展快于技术创新，应关注科学对技术可能的协同带动发展方向与效应。基于特征②，应加强基础研究中的前沿理论与方法在技术研发中的指导与应用，带动技术创新寻找新的突破方向与着力点。比如，针对基础无源元件领域中关于电阻的研究，“记忆电阻器”目前在基础科学研究方面受到积极关注，则需要积极探索“记忆电阻器”相关研究成果在技术创新中的跟进与开拓，由此带动整个电阻的技术改进与创新。比如，在基础无源元件领域中关于电容器的研究，“钠离子电容器/锂离子电容器”的基础科学研究受到极大关注，即可重视“钠离子电容器/锂离子电容器”基础研究成果在技术发明中的应用，加强相关专利技术发展。

协同特征③体现了领域技术创新发展快于基础研

究,应关注技术对科学可能的协同带动发展方向与效应。基于该特征,应着重探索热点技术创新中需要解决的重要基础理论问题,敢于提出全新的解决问题的理论方法以加快基础科学研究步伐。比如,新型储能器件领域中关于超级电容器的研究,“锰氧化物超级电容器”基础科学研究处于快速发展状态,超级电容器技术创新关注度较高,可从技术创新过程中大胆提出解决问题的基本原理,刺激“锰氧化物超级电容器”等基础研究快速发展。比如,在平板显示器件领域中关于发光二极管的研究,“有机发光二极管的主体材料”、“有源矩阵有机发光二极管”基础研究发展缓慢,则可积极关注发光二极管显示技术创新中的问题突破,尝试发现技术突破对探索基础研究方向的启发。

协同特征④体现了领域基础研究与技术创新同时处于发展上升期,双方处于协同上升的发展状态。在该特征下,重视双方在知识要素上的协同效率与协同力量,积极关注可能出现的基础研究热点及该研究热点对技术发展的提携或可能出现的技术创新热点及该技术热点对基础研究发展的启示。比如,在敏感元器件与传感器领域中关于气敏的研究,在频率选择与控制元器件领域中关于滤波器的研究,在基础无源元件领域中关于电阻的研究等,基础科学研究与技术创新研究均暂无热点发展方向,双边处于协同发展状态。基于此,应该积极关注气敏传感器、滤波器、电阻在基础研究与技术创新两方面的发展情况,一方面以发展较快的基础研究协同拉动技术创新,或以发展较快的技术创新协同促进基础研究,尽可能保证领域基础科学研究与技术创新的并进式发展;一方面探索基础科学或技术创新可能出现的热点方向,以此带动领域科技创新。

协同特征⑤体现了领域基础研究与技术创新两方面发展均明显缓慢,基础研究与技术创新均进入瓶颈期。基础研究与技术创新均受阻情况下,或许预示着新一轮的科学技术变革正在悄悄酝酿,在该特征下,应积极探索阻碍基础科学研究与技术创新的关键环节,或许需要调整与开拓新方向,协同转向可能是颠覆性创新的开端。比如,在频率选择与控制元器件领域中关于振荡器的研究,目前振荡器基础科学与技术创新两方面发展均明显缓慢,或许需要积极思考振荡器在常规研究中的大胆尝试与转变,比如在常规波段的成熟应用转向在暂未完全开放波段的应用等,全新的尝试需要时间来实践,这也正是在为下一轮科技突破性发展及早规划与布局。

4 结语

本次研究主要有以下几点创新:①在基础研究与技术创新协同方面不再是仅关注热点方向的协同情况,而是整体关注领域基础研究与技术创新的热点研究方向、快速发展方向、缓慢发展方向的多种协同情况。②建立基础研究与技术创新联结中间分类轴,并在中间分类轴基础上进一步进行研究方向粒度细化,更清晰地展示基础研究与技术创新之间的联结图景。③将文本内容挖掘与定量分析相结合,从基础研究与技术创新之间内在联系出发更深刻地揭示其协同模式与特征。总体来说,基于以上创新的基础研究与技术创新协同特征分析,能更清楚领域在微观方向的协同发展情况,能够更系统地为领域发展提供更全面、清晰的参考信息,为支持领域科技布局、制定科学技术创新策略、合理配置科研资源等提供决策依据。

本次研究也有不足之处,比如在基础研究与技术创新的联结中,部分方向会存在无法映射联结的情况,可能是数据采集原因或该方向目前确实在基础研究或技术创新方面确实非常少而未纳入。另外,技术创新方向相对基础研究方向比较粗;科学与技术研究视角不同,如何更细致地联结基础研究与技术创新;或是否可以直接将中间分类轴更加精细化处理等都是值得进一步探讨的地方。

参考文献:

[1] RIP A. Science and technology as dancing partners[M]// Techno－logical Development and Science in the Industrial Age. Netherland:Springer Netherlands, 1992.

[2] 董坤, 许海云, 罗瑞, 等. 科学与技术的关系分析研究综述[J]. 情报学报, 2018, 37(6): 642－652.

[3] 张金柱. 基于引用科学知识突变的突破性创新识别方法研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2013.

[4] MEYER M. Tracing knowledge flows in innovation systems[J]. Scientometrics, 2002, 54(2):193 － 212.

[5] BHATTACHARYA S, KRETSCHMER H, MEYER M. Characterizing intellectual spaces between science and technology[J]. Scientometrics, 2003, 58(2): 369 － 390.

[6] GLANZEL W, MEYER M. Patents cited in the scientific literature: An exploratory study of ‘reverse’ citation relations[J]. Scientometrics, 2003, 58(2): 415 － 428.

[7] MEYER M, DEBACKERE K, GLANZEL W. Can applied science be 'good science'? Exploring the relationship between patent citations and citation impact in nanoscience[J]. Scientometrics, 2010, 85(2): 527-539.
[8] 吴菲菲，黄鲁成，石媛嫄. 基于文献和专利相互引用的科学与技术关系分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2013, 34(10): 13-20.
[9] LO SZU-CHIA. Scientific linkage of science research and technology development: a case of genetic engineering research[J]. Scientometrics, 2010, 82(1): 109-120.
[10] 白光祖，郑玉荣，吴新年，等. 基于文献知识关联的颠覆性技术预见方法研究与实证[J]. 情报杂志, 2017, 36(9): 38-44.
[11] YEH H Y, SUNG Y S, YANG H W, et al. The bibliographic coupling approach to filter the cited and uncited patent citations: a case of electric vehicle technology[J]. Scientometrics, 2013, 94(1): 75-93.
[12] HUANG M H, YANG H W, CHEN D Z. Increasing science and technology linkage in fuel cells: a cross citation analysis of papers and patents[J]. Journal of Informetrics, 2015, 9(2): 237-249.
[13] 张雪，张志强，陈秀娟，等. 合成生物学领域的基础研究与技术创新关联分析[J]. 情报学报, 2020, 39(3): 231-242.
[14] 高继平，丁堃，滕立，等. 专利-论文混合共被引网络下的知识流动探析[J]. 科学学研究, 2011, 29(8): 1184-1189.
[15] WANG G B, GUAN J C. Measuring science-technology interactions using patent citations and author-inventor links: an exploration analysis from Chinese nanotechnology[J]. Journal of nanoparticle research, 2011, 13(12): 27-42.
[16] BHATTACHARYA S, MEYER M. Large firms and the science-technology interface Patents, patent citations, and scientific output of multinational corporations in thin films[J]. Scientometrics, 2003, 58(2): 265-279.
[17] 赖院根. 期刊论文与专利文献的链接研究[J]. 图书情报知识, 2011(1): 63-69.
[18] 李睿，容军凤，张玲玲. 试论"科学-技术关联"计量模型的不足及改进——学科-领域对应优化视角[J]. 图书情报工作, 2013, 57(5): 86-93.
[19] XU H Y, WINNINK J, YUE Z H, et al. Topic-linked innovation paths in science and technology[J]. Journal of informetrics, 2020, 14(2): 1-18.
[20] 王亚东，朱林. 基于技术与知识的双螺旋结构创新模式研究[J]. 科技管理研究, 2017(9): 1-7.
[21] YAYAVARAM S, AHUJA G. Decomposability in knowledge structures and its impact on the usefulness of inventions and knowledge-base malleability[J]. Administrative science quarterly, 2008, 53(2): 333-362.
[22] 吴悦，顾新，涂振洲. 基于知识流动的产学研协同创新协同关系的形成过程研究[J]. 图书馆学研究, 2015(23): 87-93.
[23] BOYACK K W, KLAVANS R. Co-citation analysis bibliographic coupling and direct: which citation approach represents the research front most accurately[J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2014, 61(12): 2389-2404.
[24] 卢超，侯海燕，DING YING，等. 国外新兴研究话题发现研究综述[J]. 情报学报, 2019, 38(1): 97-110.
[25] AN L, LIN X, YU C, et al. Measuring and visualizing the contributions of Chinese and American LIS research institutions to emerging themes and salient themes[J]. Scientometrics, 2015, 105(3): 1605-1634.
[26] 邓启平，陈卫静，张玲玲，等. 基于多维特征测度的人工智能领域研究前沿分析[J]. 情报杂志, 2020, 39(3): 56-62.
[27] 刘小玲，谭宗颖. 新兴技术主题识别方法研究进展[J]. 图书情报工作, 2020, 64(11): 145-152.
[28] 李欣，王静静，杨梓，等. 基于SAO结构语义分析的新兴技术识别研究[J]. 情报杂志, 2016, 35(3): 80-84.
[29] SMALL H, BOYACK K W, KLAVANS R. Identifying emerging topics in science and technology[J]. Research policy, 2014, 43(8): 1450-1467.
[30] GONZALEZ-ALCAIDE G, LLORENTE P, RAMOS J M. Bibliometric indicators to identify emerging research fields: publications on mass gatherings[J]. Scientometrics, 2016, 109(2): 1283-1298.
[31] WANG Q. A bibliometric model for identifying emerging research topics[J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2017, 69(2): 290-304.
[32] 李蓓，陈向东. 基于专利引用耦合聚类的纳米领域新兴技术识别[J]. 情报杂志, 2015(5): 35-40.

作者贡献说明：

张玲玲：论文框架与思路搭建，技术创新方向研究，基础研究与技术创新联结研究；

张宇娥：研究方法指导；

杜丽：研究可行性及意义指导；

凌世婷：数据检索与清洗、中间分类轴研究；

林青：数据检索与清洗、中间分类轴研究；

余梦霞：基础研究方向聚类研究。

张玲玲,张宇娥,杜丽,等.基础研究与技术创新协同方向及特征研究——以新型电子元器件领域为例[J].图书情报工作,2021,65(13):55-65.

Research on the Collaborative Direction and Characteristics of Basic Research and Technological Innovation ——Taking the Field of New Electronic Components as an Example

Zhang Lingling Zhang Yu'e Du Li Ling Shiting Lin Qing Yu Mengxia
Library of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731

Abstract: [Purpose/significance] Starting from the content of science and technology research, this paper discusses the collaborative direction and characteristics of basic research and technological innovation, and provides reference for the future collaborative development strategy of basic research and technological innovation. [Method/process] Firstly, investigating the research and development system of the field, and the intermediate classification axis of the field is constructed to connect the basic research and technological innovation. Then, the basic research direction and technological innovation direction are mined through literature content clustering, and the basic research direction and technological innovation direction are determined as three development states: hot direction, rapid development direction and slow development direction by quantitative evaluation method. Finally, based on the development status, the collaborative characteristics of basic research and technological innovation are summarized and applied to the empirical analysis of new electronic components. [Result/conclusion] The collaborative direction analysis of basic research and technological innovation in the field of new electronic components is realized by combining content mining with quantitative evaluation. The connection picture between basic research and technological innovation is clearly displayed at the level of more fine-grained research direction. The collaborative characteristics of both sides of basic research and technological innovation provide specific guidance for the development of collaborative direction in this field.

Keywords: basic research technological innovation science and technology collaboration collaborative characteristics collaborative development